

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-130990

(43)Date of publication of application : 18.05.1990

(51)Int.Cl. H01S 3/23
H01S 3/08
H01S 3/101

(21)Application number : 63-283853

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 11.11.1988

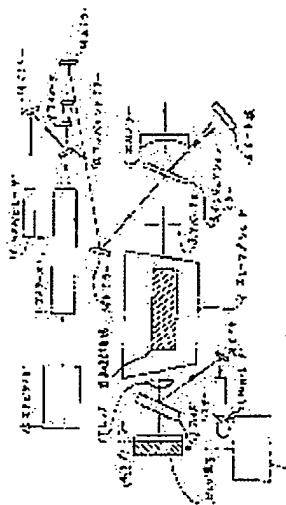
(72)Inventor : FUJIWARA SHIGENORI

(54) PULSE LASER OSCILLATOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To enhance the stability of the device and the alignment precision by a method wherein, within an oscillator in an injection lock mode, the beam diameter of master laser beams is altered by a collimator to be equalized with that of a slave oscillator.

CONSTITUTION: The beams emitted from a master oscillator 1 are overlapped with the visible beams of a HeNe laser 11 to enlarge the beam diameter around three times by a collimator 9. Next, the beams are entered into an injection mirror 15 provided in a resonator of a slave oscillator 2 by metallic mirrors 14a, 14b. The master laser beams reflected on the mirror 15 enter on the optical axis of the oscillator 2 to reciprocate in the resonator passing through a laser exciting region 8 with the beam diameter restricted by an aperture 13. Through these procedures, the alignment with the optical axis can be made with high precision so that the precision of injection lock may be enhanced using the master laser beams efficiently.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑫ 公開特許公報 (A) 平2-130990

⑬ Int. Cl. 5

H 01 S 3/23
3/08
3/101

識別記号 庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)5月18日

7630-5F 7630-5F 7630-5F H 01 S 3/23
Z Z Z 3/08

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全8頁)

⑮ 発明の名称 パルスレーザ発振装置

⑯ 特願 昭63-283853

⑰ 出願 昭63(1988)11月11日

⑮ 発明者 藤原重徳 神奈川県川崎市川崎区浮島町2番1号 株式会社東芝浜川崎工場内

⑯ 出願人 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

⑰ 代理人 弁理士 則近 恵佑 外1名

明細書

1. 発明の名称

パルスレーザ発振装置

2. 特許請求の範囲

1. 親となるレーザと子となるレーザを持ち親となるレーザから弱い種となるレーザ光を子となるレーザに導入し子となるレーザの強力なレーザ励起領域のゲインを用いて親となるレーザ光と同質の強力なレーザ光を得るインジェクション方式によるレーザ発振器において、親となるレーザ光を子となるレーザに導入する際に親となるレーザと子となるレーザを結ぶ光軸上にコリメータを設けて親となるレーザ光のビーム径を変更したことを特徴とするインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置。

2. 親となるレーザ光を子となるレーザに導入する際に親となるレーザと子となるレーザを結ぶ光軸上に親となるレーザ光に対してはほぼ全透過であり可視のある特定の波長に対してはほぼ全反射であるコンバインドミラーを設け親となるレーザ

光上に可視のレーザ光を重畳させたことを特徴とするインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置。

3. 親となるレーザからのレーザ光を子となるレーザの共振器中に導入するためのインジェクションミラーが親となるレーザ光に対してはその反射率が2から20%であり、第2項に於て記述の親となるレーザ光上に重畳させた可視のレーザ光に対してはその反射率が50%程度であることを特徴とするインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置。

4. 子となるレーザの共振器中に子となるレーザのレーザ光に対してはほぼ全透過であり可視のある特定の波長に対してはほぼ全反射であるコンバインドミラーを設け子となるレーザ光上に可視のレーザ光を重畳させたことを特徴とするインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置。

5. 子となるレーザの共振器中に子となるレーザのレーザ光に対してはほぼ全透過であり可視の

ある特定の波長に対してはほぼ全反射であるコンバインドミラーが角度を変更することにより実効的な共振器長を変更する機能を果たすフェイズシフターであることを特徴とするインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置。

6. ふたつのレーザのレーザ光を重ね合わせるためにふたつのレーザの交点となるところに設けられたミラーを含めて導入するレーザ光軸上に2枚以上のミラーを持ちその内の2枚のミラーが運動して動くことを特徴とするインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置。

7. 親となるレーザの光軸と子となるレーザとの光軸を親となるレーザのレーザ光はインジェクションミラーの透過光としてまた子となるレーザのレーザ光はこのインジェクションミラーからの反射光として翻訳しその光軸を一致させることを特徴とするインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置。

8. 親となるレーザのレーザ光を子となるレーザの共振器中に導入した後、その子となるレーザ

の共振器の軸と導入した親となるレーザのレーザ光の光軸を子となるレーザの共振器中に設けられたレンズにより光軸の角度をレンズの焦点における位置として変換して翻訳しそれら光軸を一致させることを特徴とするインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置。

3. 発明の詳細な説明

〔発明の目的〕

〔産業上の利用分野〕

本発明は、パルスレーザ発振装置に係り、特にインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置に関する。

〔従来の技術〕

従来より、高品質のレーザ光を得る方法として学術分野ではインジェクションロックによる方法が知られている。

これは、親となるレーザと子となるレーザを組合せ、この親となるレーザから弱い種となるレーザ光を子となるレーザに導入し、子となるレーザの強力なレーザ励起領域のゲインを用いて親とな

るレーザ光と同質の強力なレーザ光を得る方法である。

ここで、学術用語として親となるレーザをマスターレーザ、またその発振器をマスター・オシレータとよぶ。そこで、以後はマスターレーザ、マスター・オシレータと呼ぶことにする。そして、同様に子となるレーザは、スレーブレーザ、スレーブ・オシレータと呼ぶこととする。

第2図に、従来の学術研究の分野で用いられてきたインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置を示す。

図において、構成を説明する。マスター・オシレータ1から出射したレーザ光はインジェクションミラー5を介してスレーブ・オシレータ2の共振器光軸上に導入される。インジェクションミラー5から導入されたマスターレーザ光はスレーブ・オシレータ2の内部にある強力なレーザ励起領域を通過する。

このスレーブ・オシレータ2はこのインジェクションミラー5と励起領域8を挟んで出力ミラー3

とリアミラー4からなる共振器を持っている。またこの出力ミラー3には導入したレーザ光とスレーブ・オシレータ2の共振器長との同調のための共振器長制御のためビエゾ素子6が設けられている。

次に動作について説明する。マスターレーザにおいてはグレーティングを用いる、エタロンを用いる等種々の方法により微弱ではあるが非常に高品質のレーザ光が作り出される。しかしここでは非常に微妙な光学素子が用いられ、それらのレーザ光に対する耐力がないため出力を得ることが出来ない。

そこで、この微弱なレーザ光を強力な励起領域を持つスレーブ・オシレータ2に導入してスレーブ・オシレータ2の共振器中でその励起領域のゲインを用いて成長させ強力なレーザ光を得るものである。

〔発明が解決しようとする課題〕

従来のレーザ発振器は以上のように構成されているが、これらは研究室レベルで行われたものであるので装置の操作性やアライメントのしやすさ

などは考慮されていない。また、装置としては小規模なものが多くの工業用に用いられるような大規模の装置は考えられていない。

本発明は、上記のような課題を解消し、一般工業レベルで用いることの出来るインジェクション方式によるパルスレーザ発振装置を得ることを目的とする。

【発明の構成】

(課題を解決するための手段)

本発明によるインジェクション方式によるパルスレーザ発振装置は、次のように構成されている。

(1) マスター・レーザ光をスレーブ・レーザに導入する際にマスター・レーザとスレーブ・レーザを結ぶ光軸上にコリメータを設けてマスター・レーザ光のビーム径を変更しスレーブ・オシレータに導入する様に構成されている。

(2) マスター・レーザ光をスレーブ・レーザに導入する際にマスター・レーザとスレーブ・レーザを結ぶ光軸上にマスター・レーザ光に対してはほぼ全透過であり可視のある特定の波長に対してはほぼ全反射

射であるコンバインドミラーを設けマスター・レーザ光上に可視のレーザ光を重複させる様に構成されている。

(3) マスター・レーザからのレーザ光をスレーブ・レーザの共振器中に導入するためのインジェクションミラーがマスター・レーザ光に対してはその反射率が2から20%であり、マスター・レーザ光上に重複させた可視のレーザ光に対してはその反射率が50%程度である様に設定されている。

(4) スレーブ・レーザの共振器中にスレーブ・レーザのレーザ光に対してはほぼ全透過であり可視のある特定の波長に対してはほぼ全反射であるコンバインドミラーを設け、スレーブ・レーザ光上に可視のレーザ光を重複させる様構成されている。

(5) スレーブ・レーザの共振器中にスレーブ・レーザのレーザ光に対してはほぼ全透過であり可視のある特定の波長に対してはほぼ全反射であるコンバインドミラーが角度を変更することにより実効的な共振器長を変更する機能を果たすフェイズシャッターとして構成している。

(6) ふたつのレーザのレーザ光を重ね合わせるためふたつのレーザの交点となるところに設けられたミラーを含めて導入するレーザ光軸上に2枚以上のミラーを持ちその内の2枚のミラーが駆動して動く様に構成している。

(7) マスター・レーザの光軸とスレーブ・レーザとの光軸をマスター・レーザのレーザ光はインジェクションミラーの透過光としてまたスレーブ・レーザのレーザ光はこのインジェクションミラーからの反射光として観測出来るように構成している。

(8) マスター・レーザのレーザ光をスレーブ・レーザの共振器中に導入した後、そのスレーブ・レーザの共振器の軸と導入したマスター・レーザのレーザ光の光軸をスレーブ・レーザの共振器中に設けられたレンズにより光軸の角度をレンズの焦点における位置として変換して観測出来るように構成されている。さらに、このレンズはその主軸がスレーブ・レーザの光軸と一致するように配置できるような機械精度を持って光軸上に出し入れする事が出来るように構成されている。

(作用)

以上のような構成を有する本発明の作用は次の通りである。

(1) マスター・レーザとスレーブ・レーザではその発振器の大きさが異なりマスター・レーザ光をスレーブ・レーザに導入する際にビーム径が一致しなかった。そこでマスター・レーザとスレーブ・レーザを結ぶ光軸上にコリメータを設けてマスター・レーザ光のビーム径を変更しスレーブ・オシレータのビーム径と一致するようにあわせてスレーブ・オシレータに導入する。これにより、マスター・レーザからのレーザ光がスレーブ・レーザの共振器中を繰り返すようになり効率よくマスター・レーザ光を利用しインジェクションロックの精度を高めることが出来る。

(2) 一般にマスター・レーザのレーザ光が紫外領域の光や赤外領域の光である場合はその光軸が観測できない。そこで、マスター・レーザ光をスレーブ・レーザに導入する際にマスター・レーザとスレーブ・レーザを結ぶ光軸上にマスター・レーザ光に対し

てはほぼ全透過であり可視のある特定の波長に対してはほぼ全反射であるコンバインドミラーを設けマスター-レーザ光上に可視のレーザ光を重疊させることにより、そのマスター-レーザの光軸を観測できるようになることが出来る。

(3) 前述のようにマスター-レーザのレーザ光が紫外領域の光や赤外領域の光である場合はその光軸が観測できない。そこで、マスター-レーザ光をスレーブレーザに導入する際にマスター-レーザ光に可視のレーザ光を重疊させるが、共振器中に用いるミラーは発振するレーザに対して適切なものでなければならない。そこでこのインジェクションミラーはマスター-レーザ光に対してはその反射率が2から20%である様に設定する。この反射率が余りに小さくマスター-レーザからのレーザ光がスレーブレーザの共振器中に充分導入されずインジェクションロックがうまくかからない。また、反射率が高過ぎると共振器内部での損失が多くなり過ぎレーザ発振の効率が悪くなってしまう。つぎにこのインジェクションミラーはマスター-レ

ーザ光をスレーブレーザ光軸上にのせる機能を果たさなくてはならない。そのときにはマスター-レーザ光を観測する必要がありそのためには、マスター-レーザ光に重疊させた可視のレーザ光が有用である。そして、この可視のレーザ光を光軸上で観測するためにはこのインジェクションミラーはこの可視のレーザ光に対してある程度の反射率を持たなくてはならない。この反射率がひく過ぎると光軸が観測できないしまた全反射のように高過ぎるとリアミラーあるいは出力ミラーからの反射光が観測できなくなる。そこで、このインジェクションミラーのこの可視のレーザ光に対する反射率を50%程度にすることによりこれが実現する。

(4) 前述と同様にスレーブレーザの共振器中にスレーブレーザのレーザ光に対してはほぼ全透過であり可視のある特定の波長に対してはほぼ全反射であるコンバインドミラーを設け、スレーブレーザ光上に可視のレーザ光を重疊させることによりスレーブレーザの光軸を観測できるようになり目視によりスレーブレーザの共振器がアライメント

ト出来るようになる。また、このとき出力ミラーもこの可視のレーザ光が透過するような材質のミラーを用いた場合にはスレーブレーザからの出射光の光軸とこの可視のレーザ光は重なることとなりその光軸が観測できるようになる。

(5) 4項記載のコンバインドミラーのミラー厚みを適切に設定するとミラーの角度を変えることによりミラー通過光路中の実効長を変えることになりスレーブレーザの実効的な共振器長を変更する機能を持たせることが出来る。

(6) 2枚のミラーが連動して動く様に構成することによりレーザ光の光軸を非常に簡便に平行移動させることが出来る。また操作も一か所だけでよくなる。

(7) マスター-レーザのレーザ光はインジェクションミラーの透過光としてまたスレーブレーザのレーザ光はこのインジェクションミラーからの反射光としてマスター-レーザの光軸とスレーブレーザとの光軸を観測出来るようにすることにより、このふたつの光軸が一致しているかどうかでイン

ジェクション光のアライメントが正しいかどうかが判別できる。また、その位置を計測することによりインジェクション側のレーザ光のアライメントを行なうことが出来る。

(8) レンズはその主軸がスレーブレーザの光軸と一致するように配置できるような機械精度を持って光軸上に出し入れすることが出来るようにし、マスター-レーザのレーザ光をスレーブレーザの共振器中に導入した後、そのスレーブレーザの共振器の中においてマスター-レーザのレーザ光の光軸をスレーブレーザの共振器中に設けられたレンズにより光軸の角度をレンズの焦点における位置として変換して観測出来るようになり、マスター-レーザからのインジェクション光のアライメントが簡便になる。これは、レンズに入射したレーザ光に角度がついている場合、その入射光の角度が主軸に対してずれているとするとそのレーザ光はレンズの主軸上の焦点位置には集光せず焦点位置からレンズの焦点距離 f と角度ずれ θ の積、 $f\theta$ だけずれるようになることを用いるものである。

(実施例)

本発明の実施例を図を用いて説明する。第1図は本発明の一実施例によるインジェクションロック方式によるレーザ発振器である。

ここでは、マスター・オシレータ1として連続発振のCO₂レーザ、スレーブ・オシレータ2としてTEA CO₂レーザが用いられている。これらCO₂レーザは赤外光であり、目で見えないため、重畳用の可視のレーザとしてHeNeレーザ11が用意されている。もちろん、これらレーザには電源、制御が設けられているがここでは図中に示していない。マスター・オシレータは内部にグレーティングをもち波長選択が行われる。さらに発振モードはシングルであり凝モードの安定化機構としてスタビライザ15が設けられている。

スレーブ・オシレータの共振器は平面のリアミラー4と曲率をもった出力ミラー3とから構成され、リアミラーにはピエゾ素子6が設けられており、ピエゾドライバ7により駆動される。そして、このピエゾ素子が伸び縮みすることにより共振器長

が変化させられる。

マスター・レーザの光軸上にはHeNeレーザ光が金蒸着されたミラー面を持つミラー14cとZnSe製のコンバインドミラー10を介して重畳させられる。このZnSe製のコンバインドミラーには、CO₂レーザの波長10.6ミクロン帯においてar/arコーティングが成されておりHeNeレーザ光の波長0.6ミクロン帯では95%以上の反射率を持つようコーティングが成されている。

そして、このミラー14cとコンバインドミラー10はその角度が連動して動くように連結されている。

この可視光を重畳されたマスター・レーザ光はコリメータ9に入射する。ここで、ビーム径が約3mm程度であったマスター・レーザ光は重畳されたHeNeレーザ光とともに3倍に拡大される。

この拡大されたマスター・レーザ光は金属ミラー14aと14bにより、スレーブ・オシレータの共振器中に設けられたインジェクションミラー5に入射される。

インジェクションミラーはCO₂レーザの波長10.6ミクロン帯においては10%反射となるようコーティングが成されている。そして、一般にZnSe製のミラーではその素材の特性からHeNeレーザ光の波長0.6ミクロン帯では60%程度の反射率をもつようになっている。

インジェクションミラーにより反射されたマスター・レーザ光はスレーブ・オシレータの共振器光軸上にはビーム径を制限する機能を持つアバーチャ13が設けられている。このアバーチャ径はスレーブ・オシレータの発振モードをシングルにするのに適切なよう10mmに設定されている。

アバーチャを通過したマスター・レーザ光はスレーブ・レーザの放電部のレーザ励起領域8を通過する。そして、リアミラー4に到達して反射されスレーブ・オシレータの共振器中を往復する。

リアミラー直前にはZnSe製のCO₂レーザの波長10.6ミクロン帯においては無反射となるようコーティングが成された厚み15mmのフェイズシフタ

12が設けられている。ここでもHeNeレーザ光がミラー14cとこのフェイズシフターとによりスレーブ・オシレータの光軸上に重畳されている。

また、インジェクションミラーの背後にはレーザ光のビームモニター板6が設けられているこのビームモニター板は蛍光板であり紫外線を当てるとき発光するがCO₂レーザ光の照射により発光が見えなく見えるものである。

ここでは、インジェクションミラーを透過したマスター・レーザ光と発振したスレーブ・レーザの共振器光軸からインジェクションミラーにより取り出されたスレーブ・レーザ光が観測できる。

第3図には、レンズを用いた光軸の観測機構のみを取り出して説明のための構成図を示した。レンズ17はシリンドラー18に接続されて駆動されスレーブ・レーザの光軸と直交するように配置されたガイド19の中を移動する。マスター・レーザの光軸を観測するときは光路中に挿入されスレーブ・レーザが発振するときには光路上から特機した位置におかれる。

第4図(a),(b)には運動して動く2枚のミラーの駆動機構の説明のための構成図を示した。ミラー14は、支点21により支持されている。そして2枚のミラーは連結バー21により接続されている。この連結バーとミラーとの接続点は二つのミラーとも支点との距離を等しくしてある。そうすることにより、片方のミラーを動かすと他方のミラーも同じ角度だけ動くようにすることができる。このとき、上面および側面において接続することにより上下方向と左右方向のいずれにおいて同じ様に動くようにすることができる。

また、第5図(a),(b)には、その動作原理図を示した。

第6図(a),(b)には、インジェクションミラーの反射率の選定理由を示した。

以上のような構成を有する本実施例の作用は次の通りである。

コリメータを用いることによりビーム径3mmのマスターレーザ光を3倍にして9mmとしてスレーブレーザのビーム径10mmとほぼ一致させることができ

出来る。

またHeNeレーザ光を各々のCO₂レーザ光に重ね合わせることにより目視により観測できるようになり光軸のアライメントが大変楽に行えるようになる。

マスターレーザの出力ミラーから出射されるレーザ光にもHeNeレーザ光が重ね合わせられることとなり、スレーブレーザのレーザ光を用いるときのアライメントにおいても大変便利になる。

ビームモニター板ではマスターレーザの光軸とスレーブレーザの光軸の一致度が目視により確認できる。

レンズを用いることでは位置だけの観測では判別できなかった光軸の角度の変化量を検出することが出来る。この作用を第3図を用いて説明する。レンズの主軸と角度がθだけずれて入射したレーザ光はその焦点をレンズの主軸から $d = f \theta$ の関係となる位置へ結ぶ。そのため、見かけ上は中心にあったように見えたレーザ光が角度ずれをしていることを検出することができる。

ミラーを運動して動くようにしたことにより得られる効果を第5図を用いて説明する。いま2枚のミラーが平行に保たれて配置されているとする。このとき、レーザ光が角度αで入射したとすると、この入射光は平行の幾何学の原理により二枚目のミラーに対しても角度αで入射することになる。また、このときの入射光と出射光は平行である。次に、2枚のミラーが角度xだけ変更し入射光の角度βとなったとする。このとき2枚のミラーの角度は平行に保たれているものとする。すると前述同様に二枚目のミラーへの入射光の角度はβとなり入射光と出射光も平行となる。しかしこのとき、この入射光と出射光との距離d₁とd₂が異なったものとなりビームが平行移動したことになる。

第6図aにインジェクションロック方式の共振器の主要部分を示しそのインジェクションミラーの反射率をx%としリアミラーの反射率はほぼ100%であるとしてリアミラーから帰ってきた光が再度インジェクションミラーを通って出力ミラーへ到達する割合をyとしたときの関係式を示し

た。この関係式をグラフとして示したものが第6図bである。このグラフで判るように出力ミラー位置で可視のレーザ光が一番明るく見えるのは透過率が50%の時である。ただし、この範囲はかなり広く可視光の強度を入射時の強度の20%迄認めるとすると約30%から70%でよいことになる。

本実施例により、インジェクションロック方式によるレーザ発振器における安定度を向上させそのアライメントの精度を高めやりやすくすることができた。

なお、前記実施例においては、CO₂レーザについてのみの実施例を示したがレーザの種類はなんでも良く例えばエキシマレーザやCO₂レーザでも良い。

【発明の効果】

以上説明したように、本発明により、インジェクションロック方式によるパルスレーザ発振器における安定度を向上させそのアライメントの精度を高めやりやすくすることができた。

4. 図面の簡単な説明

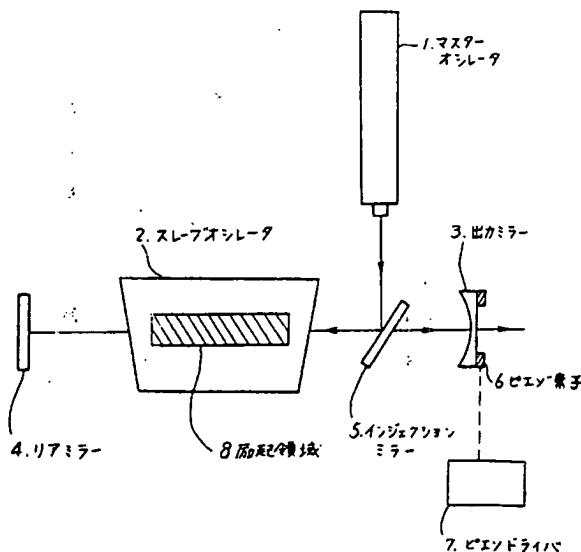
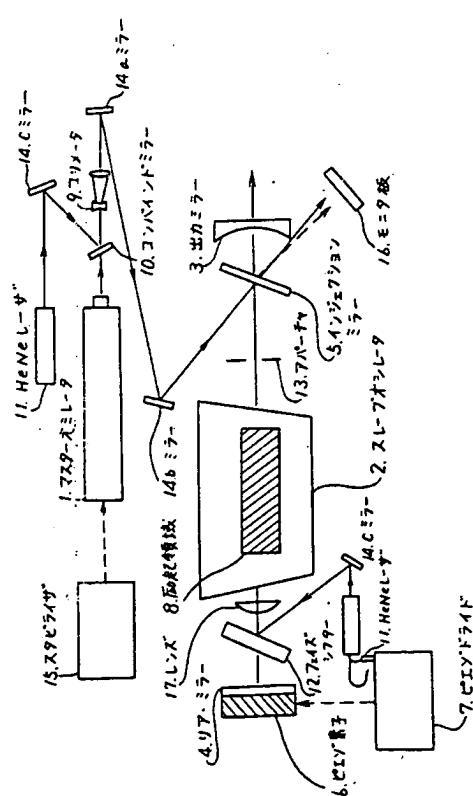
第1図は本発明によるインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置の構成図、第2図は従来から用いられてきたインジェクションロック方式によるパルスレーザ発振装置の構成図、第3図はレンズを用いた光軸の観測機構のみを取り出して説明のための構成図、第4図は運動して動く2枚のミラーの駆動機構の説明のための構成図、第5図はその動作原理図、第6図はインジェクションミラーの設定理由の説明図である。

- 1 … マスター・オシレータ
- 2 … スレーブ・オシレータ
- 3 … 出力ミラー
- 4 … リアミラー
- 5 … インジェクションミラー
- 6 … ピエゾ素子
- 7 … ピエゾドライバ
- 8 … 勵起領域
- 9 … コリメータ
- 10 … コンバインドミラー
- 11 … HeNeレーザ
- 12 … フェイズシフター
- 13 … アバーチャ
- 14a … ミラー
- 14b … ミラー
- 14c … ミラー
- 15 … スタビライザ
- 16 … モニター板
- 17 … レンズ
- 18 … シリンダ
- 19 … ガイド
- 20 … 支点
- 21 … 連結バー

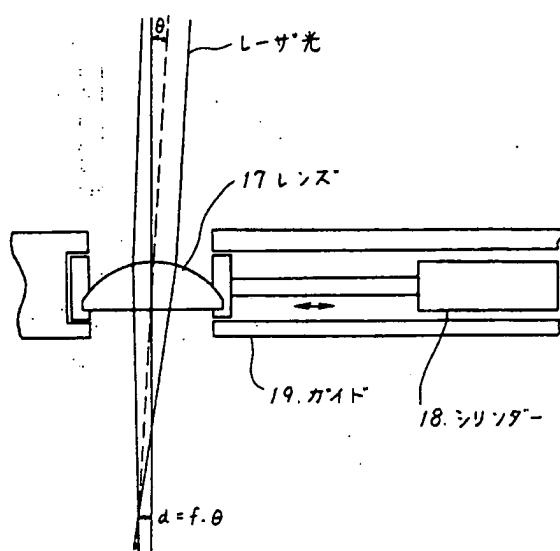
代理人弁理士則近森佑

岡弟子丸健

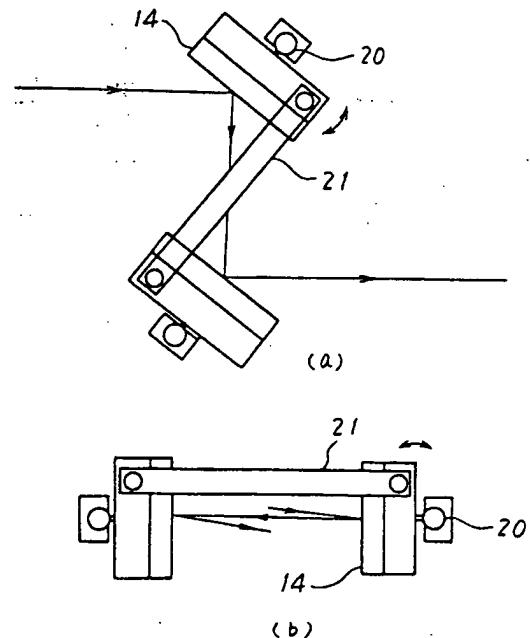
第1図



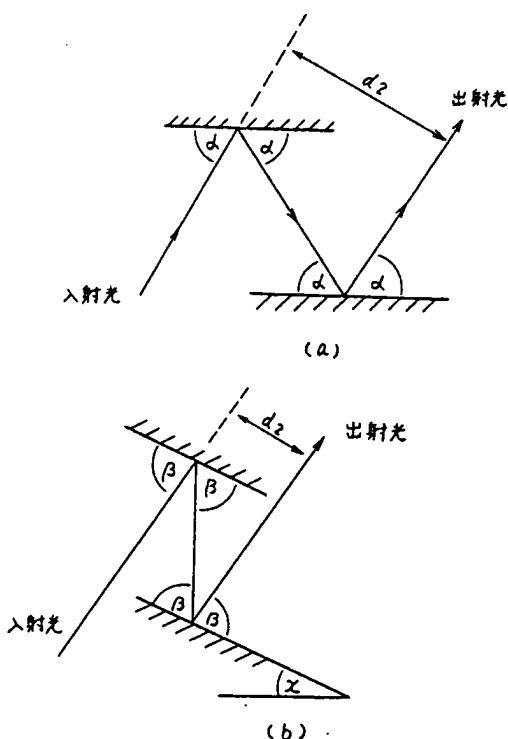
第2図



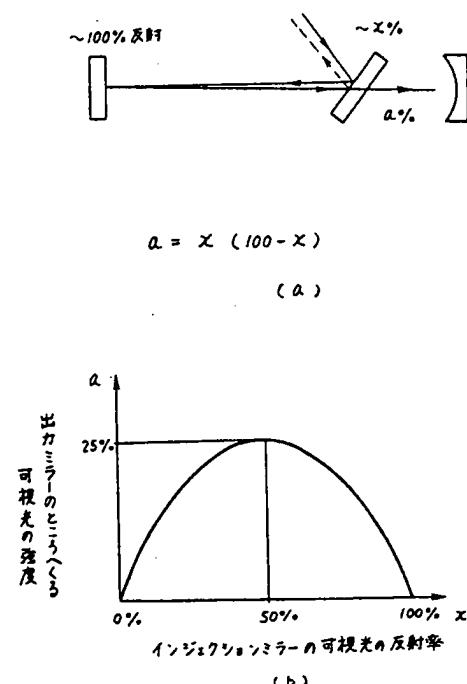
第 3 図



第 4 図



第 5 図



第 6 図